

(13) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 825 412

(21) N° d'enregistrement national :

02 06634

(51) Int Cl⁷ : F 01 N 9/00, F 01 N 3/08, 3/023, 3/035

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 30.05.02.

(30) Priorité : 31.05.01 DE 10126455.

(71) Demandeur(s) : DAIMLERCHRYSLER AG Aktiengesellschaft — DE.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 06.12.02 Bulletin 02/49.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : ADLER HOLGER, ALLMENDINGER KLAUS, BECKER DIRK, ERLENMAYER OLIVER, HASERT ANDREAS, HEMBERGER HANS HUBERT, KERCKHOFF ANTON, KRUTZSCH BERND, KURZE STEFAN, LENZ MICHAEL, LIEBSCHER THOMAS, MERTEN ULRICH, ROLL ANDREAS, RUZICKA NORBERT et WEIBEL MICHEL.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

(54) PROCEDE POUR LE DESULFATAGE D'UN CATALYSEUR ACCUMULATEUR D'OXYDE NITRIQUE.

(57) On propose un procédé pour le désulfatage d'un catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique, disposé en association avec un filtre à particules dans le système d'épuration des gaz d'un moteur à combustion interne, en particulier dans un moteur diesel utilisé dans des véhicules automobiles. Le désulfatage est réalisé par échauffement du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique à une température supérieure à une température minimale de désulfatage et par réalisation consécutive d'un régime alterné maigre-gras sur le moteur à combustion interne. Selon l'invention l'échauffement a lieu au moins à des moments où la charge en soufre du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique a dépassé une valeur minimale Smin et où une régénération du filtre à particules a été lancée et un régime alterné maigre-gras est alors réalisé pour le moteur à combustion interne, lorsque des conditions prédéfinies de validation du désulfatage, déterminées par le régime du moteur à combustion interne sont remplies. Application dans des automobiles, en particulier dans des véhicules de tourisme équipés d'un moteur diesel ou d'un moteur à carburation externe à injection directe.

FR 2 825 412 - A1



L'invention concerne un procédé pour le désulfatage d'un catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique, disposé dans le système d'épuration des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne, en particulier dans un moteur diesel utilisé dans les automobiles, par échauffement du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique à une température supérieure à une température minimale prédéterminée de désulfatage et par réalisation consécutive d'un régime alterné maigre-gras sur le moteur à combustion interne.

La publication DE 198 50 757 A1 décrit un procédé pour le désulfatage d'un catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique, dans lequel la température nécessaire pour réaliser l'opération de désulfatage est générée de manière au moins partielle par la régénération d'un filtre à particules disposé en amont du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique, dans le système de gaz d'échappement.

Les systèmes d'épuration des gaz d'échappement englobant des catalyseurs accumulateurs d'oxyde nitrique sont utilisés de différentes manières pour éliminer les oxydes nitriques contenus dans les gaz d'échappement des moteurs à combustion interne, exploités de manière primaire en régime maigre. A cet effet, en régime maigre du moteur à combustion interne, le carbonate de baryum, contenu par exemple dans la composante d'accumulation du matériau du catalyseur extrait de l'oxyde nitrique (NOx) des gaz d'échappement qui sont alors oxydants, en formant du nitrate de baryum sous forme solide. En raison de l'épuisement de matériel lié à cette opération, une régénération du catalyseur accumulateur de NOx est nécessaire de temps en temps. La dénommée régénération de nitrate est réalisée en ce que le moteur à combustion interne est exploité en régime gras sur un certain laps de temps. A cet effet, le nitrate de baryum instable contenu dans les gaz d'échappement résultants qui contiennent des produits de réduction se décompose en formant à nouveau du carbonate de baryum et en libérant du NOx. Sur la composante en métal précieux appliquée sur le catalyseur accumulateur

de NOx, ce dernier est alors réduit principalement en azote non nocif (N₂), par les produits de réduction contenus alors dans les gaz d'échappement (H₂, CO et HC).

Si l'on utilise un carburant sulfureux, les gaz d'échappement contiennent des oxydes de soufre qui sont recueillis par la composante d'accumulation, avec formation de sulfates stables, ce qui entraîne une pollution continue du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique. Une procédure de régénération désignée sous le terme de désulfatage permet de régénérer un catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique de ce type. La plupart du temps, le désulfatage est provoqué lorsque la charge en soufre a dépassé une valeur maximale qui n'est plus tolérable pour assurer l'efficacité du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique. Toutefois, en règle générale, le désulfatage requiert un échauffement du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique ou des gaz d'échappement, à une valeur supérieure à une température minimale de désulfatage de 550 ° C par exemple et un réglage au moins temporaire pour obtenir une composition globalement réductrice des gaz d'échappement. L'échauffement et le réglage pour l'obtention d'une composition réductrice des gaz d'échappement supposent une surconsommation de carburant qui doit être maintenue à une valeur minimale.

En particulier sur les moteurs diesel, parallèlement à l'élimination des oxydes nitriques, l'élimination des particules contenues dans les gaz d'échappement est également significative. A cet effet, on dispose de différentes manières des filtres à particules dans le système d'épuration des gaz d'échappement. Ces filtres à particules nécessitent d'être régénérés de temps en temps, pour les libérer des particules qui s'y déposent de manière usuelle sous forme de particules de suie. Pour régénérer les filtres à particules, il convient également d'amener les gaz d'échappement ou le filtre à particules à une température élevée, excédant par exemple 450 °C. Si les gaz d'échappement sont oxydants, les dépôts de suie sont alors consumés, ce qui permet de régénérer le filtre à particules.

Si le système d'épuration des gaz d'échappement du moteur à combustion interne correspondant contient à la fois un catalyseur

accumulateur d'oxyde nitrique et un filtre à particules, la consommation en carburant lors de la régénération des éléments constitutifs cités peut être réduite par exemple en ce que la température requise pour mener à bien le désulfatage du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique est générée au moins partiellement par la régénération du filtre à particules. Il faut toutefois noter que d'une part, les opérations de régénération correspondantes, en particulier le désulfatage, ne peuvent pas être réalisées de manière aussi peu problématique dans tous les régimes de fonctionnement du moteur à combustion interne respectif et que d'autre part, elles ne devraient pas être effectuées plus souvent que nécessaire. Par ailleurs, la surconsommation de carburant générée par la régénération devrait être maintenue au niveau le plus faible possible.

Le but de l'invention consiste à indiquer un procédé permettant d'améliorer les opérations de régénération des catalyseurs accumulateurs d'oxyde nitrique ou des filtres à particules et en particulier le désulfatage du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique.

Ce but est atteint selon l'invention par un procédé du type précité dans lequel l'échauffement a lieu au plus tard à des moments où la charge en soufre du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique a dépassé une valeur minimale S_{min} et où une régénération du filtre à particules a été lancée et un régime alterné maigre-gras du moteur à combustion interne est réalisé, lorsque des conditions prédéfinies de validation du désulfatage, déterminées par le régime du moteur à combustion interne sont remplies.

Le procédé selon l'invention est basé sur la constatation du fait que le désulfatage d'un catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique de modèle usuel requiert de l'amener à une température minimale de désulfatage élevée en conséquence, d'environ $550^{\circ}C$ et de procéder à un ajustement consécutif des gaz d'échappement, pour que ceux-ci aient au moins un effet temporairement réducteur. Un régime alterné maigre-gras s'est avéré particulièrement avantageux pour la réalisation d'une opération de désulfatage efficace. Ce terme désigne un passage plusieurs fois répétitif d'une composition oxydante à une composition réductrice des gaz d'échappement. A cet effet, l'échauffement visé du catalyseur et le

passage du régime maigre au régime gras sont générés par le dispositif électronique de commande du moteur, de préférence par une modification correspondante des conditions d'injection du carburant. D'autres mesures supplémentaires de soutien, telles qu'un étranglement du moteur à combustion interne sont également envisageables pour provoquer la montée en température.

Selon l'invention, le réchauffement du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique à des fins de désulfatage n'a pas seulement lieu lorsque la charge en soufre a atteint une valeur maximale qui n'est plus tolérable pour garantir l'efficacité du catalyseur, mais de manière avantageuse, également et dès que la charge sulfureuse du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique a dépassé une certaine valeur minimale S_{min} et qu'une régénération des filtres à particules a été lancée simultanément. La charge en soufre est déterminée par le dispositif de commande du moteur, par exemple à partir de la consommation accumulée en carburant ou du trajet parcouru par le véhicule, en corrélation avec la teneur en soufre dans le carburant. Par ailleurs, des méthodes qui se basent sur la diminution du degré d'efficacité du catalyseur accumulateur, due à la pollution par le soufre sont également envisageables.

La nécessité d'une régénération du filtre à particules est également déterminée de manière typique par le dispositif de commande du moteur, par évaluation de signaux correspondants, comme par exemple une pression différentielle élevée, constatée au-dessus du filtre à particules. Toutefois, l'évaluation du trajet effectué par le véhicule peut également être mise à contribution en tant que critère de détermination de la nécessité d'une régénération du filtre à particules.

Comme l'opération de régénération du filtre à particules requiert également des températures plus élevées dans les gaz d'échappement ou dans le filtre à particules, le procédé de réchauffement réalisé à des fins de régénération du filtre à particules peut être avantageusement utilisé de manière optimale pour un désulfatage consécutif du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique.

En particulier sur les moteurs diesel, le réglage du régime gras ou le réglage des gaz d'échappement à effet réducteur est lié à des

problèmes particuliers au niveau de la technique de combustion. Par ailleurs, le confort de conduite ou le silence de fonctionnement du véhicule peuvent en souffrir de manière indésirable, particulièrement lors d'un passage du régime maigre en régime gras. C'est pourquoi, selon l'invention, après réchauffement correspondant, le réglage du régime alterné maigre-gras provoquant finalement le désulfatage n'a lieu qu'une fois que les conditions prescrites de validation du désulfatage, qui sont définies par l'exploitation du moteur à combustion interne sont remplies. Ces conditions de validation peuvent être liées par exemple à la présence d'un certain régime de fonctionnement ou d'une certaine plage de charge du moteur à combustion interne. Si elles sont reconnues par le dispositif de commande du moteur comme étant satisfaites, le régime alterné maigre-gras sera réalisé. Ceci permet avantageusement d'utiliser l'opération d'échauffement de manière économique et de réaliser également l'opération généralement difficile de désulfatage du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique à un moment plus propice à cet effet. L'opération de désulfatage est globalement améliorée, et particulièrement en ce qui concerne l'exploitation du moteur à combustion interne.

Les mesures mentionnées ci-dessous offrent des possibilités de perfectionnement et d'amélioration du procédé selon l'invention indiqué précédemment.

Dans le procédé perfectionné selon une première disposition, les conditions de validation de l'opération de désulfatage ou de réalisation du régime alterné maigre-gras englobent la condition d'une puissance mécanique constante temporaire restituée par le moteur à combustion interne. Le respect de cette condition permet d'éviter en toute sécurité de porter atteinte de manière non souhaitable au confort de conduite pendant le désulfatage. A cet effet, la constance temporaire de la puissance mécanique restituée par le moteur à combustion interne peut être déterminée par exemple par la détection des mouvements de l'accélérateur. En outre, les conditions de validation du désulfatage peuvent être liées à d'autres valeurs influençant le fonctionnement du moteur à combustion interne lors de la conduite, comme par exemple la

présence d'une vitesse de conduite du véhicule temporairement constante ou la présence d'une certaine plage de charge du moteur.

Dans le procédé perfectionné selon une deuxième disposition, le régime alterné maigre-gras du moteur à combustion interne est réalisé par des phases maigres et des phases grasses consécutives et alternées, les phases maigres et les phases grasses s'étendant respectivement sur une durée située entre 3 secondes et 20 secondes. Dans les phases grasses, le graissage est effectué de préférence à une valeur lambda, c'est à dire un rapport air-carburant situé dans une fourchette de 0,7 à 0,99. Pour réduire la libération d'hydrogène de soufre, il est avantageux de modifier cette valeur lambda au cours des phases grasses. De préférence, la phase grasse doit commencer avec un graissage très important, c'est à dire à une valeur lambda de 0,7 environ et ce graissage doit être restreint de manière continue ou par paliers jusqu'à une valeur lambda de 0,99 environ. En cours de désulfatage, la charge en soufre du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique diminue et donc la quantité des composés soufrés volatiles libérés diminue également. Ceci peut être mis à profit de manière avantageuse du fait que, dans les phases grasses, la courbe des valeurs lambda se modifie en cours de désulfatage. Une durée variable des phases grasses, qui diminue de préférence au cours du désulfatage ou un rapport variable de la durée des phases grasses par rapport à la durée des phases maigres sont particulièrement avantageux. Il s'est avéré que, de ce fait et selon la charge en soufre, on obtient d'une part un désulfatage particulièrement efficace et que d'autre part la libération d'hydrogène de soufre en tant que produit non souhaitable de l'opération de désulfatage peut être évitée.

Selon une troisième disposition, l'échauffement du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique, c'est-à-dire l'échauffement des gaz d'échappement à la température nécessaire pour la régénération du filtre à particules ou le cas échéant à une température supérieure, est réalisé par l'exploitation du moteur à combustion interne à régime maigre et par une post-injection de carburant consécutive à l'injection principale de carburant dans la chambre de combustion du moteur à combustion interne. La post-injection permet d'obtenir que les gaz d'échappement

contiennent une teneur résiduelle en carburant non brûlé. Si l'on est parallèlement en présence d'un excédent d'oxygène, on assiste dans ces conditions de gaz d'échappement restant globalement maigres, à un échauffement par oxydation exotherme des gaz d'échappement et des éléments constitutifs traversés par les gaz d'échappement. Grâce au réglage par le dispositif de commande du moteur de la quantité de carburant post-injectée, il est possible de commander l'importance et la vitesse de la montée en température. La montée en température générée par une oxydation exotherme de carburant non brûlé dans le catalyseur 5 accumulateur d'oxyde nitrique peut être favorisée en supplément par un réglage des conditions d'injection pour une situation de combustion relativement tardive, ce qui génère déjà un échauffement des gaz d'échappement côté moteur. Par une commande correspondante de la post-injection, il est également possible de créer des gaz d'échappement 10 présentant des conditions globalement réductrices, qui sont nécessaires pour la réalisation des phases grasses, lors de l'opération de désulfatage. La création de gaz d'échappement à effet réducteur à température élevée, 15 pour un couple restitué inchangé et une courbe de combustion favorable peut être particulièrement générée par une injection en plusieurs étapes ou par une combustion en plusieurs étapes. A cet effet, l'injection est 20 répartie par exemple en une pré-injection, une injection principale et une post-injection. De cette manière, on peut aboutir aussi bien à un échauffement des composantes de post-traitement des gaz d'échappement disposées dans le circuit des gaz d'échappement qu'à un régime alterné maigre-gras.

Selon une quatrième disposition, lors de la réalisation de l'opération de désulfatage par réglage du régime alterné maigre-gras, la charge du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique est décomptée au moins au cours des phases grasses. Ce phénomène est réalisé de préférence dans 25 le dispositif de commande électronique du moteur à combustion interne, qui pilote également la valeur lambda du régime gras. Ceci permet d'utiliser facilement la quantité de produit oxydant mise à disposition dans les gaz d'échappement au cours des phases grasses pour calculer la quantité de soufre de sulfate transformé de manière réductive. Selon cette

quatrième disposition, le désulfatage prend fin lorsque par le biais du désulfatage, la charge en soufre passe en dessous d'une valeur minimale prédefinissable ou si les conditions de validation de l'opération de désulfatage ne sont plus données. Le premier phénomène est 5 typiquement atteint après environ dix changements maigre-gras, le dernier phénomène peut être provoqué par le fait que la puissance mécanique restituée par le moteur à combustion interne se modifie en fonction de la puissance demandée par le conducteur.

Selon une cinquième disposition, la présence d'un degré de 10 désulfatage suffisamment bon peut également être constatée par détermination et par comparaison des valeurs lambda des gaz d'échappement côté entrée et côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique. De manière usuelle, la valeur lambda désigne ici le rapport air-carburant, avec lequel le moteur à combustion interne devrait 15 être exploité pour fournir des gaz d'échappement présentant des fractions correspondantes de composantes réductrices et de composantes oxydantes. Comme lors du désulfatage, la réduction chimique du soufre de sulfate génère une consommation du produit de réduction présent dans les gaz d'échappement, au moins en début de désulfatage, la teneur 20 en produit de réduction dans les gaz d'échappement est plus élevée du côté entrée du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique que du côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique. De ce fait, les valeurs lambda dans les gaz d'échappement côté entrée et côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique se compensent typiquement au 25 cours du désulfatage. Selon cette cinquième disposition, l'opération de désulfatage se termine parce que les conditions de validation du désulfatage ne sont plus données ou si le rapport $\lambda_1 : \lambda_2$ des valeurs lambda des gaz d'échappement λ_1 et λ_2 mesurées côté entrée et côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique a atteint une valeur 30 prédefinie située entre 0,8 et 1,25.

Un perfectionnement particulièrement avantageux du procédé selon l'invention résulte d'une sixième disposition selon laquelle à l'issue de l'opération de désulfatage, la régénération du filtre à particules est réalisée lorsque la charge en particules du filtre à particules a dépassé une

certaine valeur seuil prédéfinie. Ces mesures permettent d'exploiter de manière avantageuse la température élevée encore présente à l'issue de l'opération de désulfatage.

L'invention est explicitée dans la description suivante, à l'aide du 5 dessin et sur la base d'un exemple de réalisation concret.

Les figures montrent :

Figure 1 : un bloc-diagramme schématique d'un moteur à combustion interne, avec un système d'épuration des gaz d'échappement correspondant,

10 Figure 2 : un diagramme fonctionnel pour le déroulement à titre d'exemple du procédé selon l'invention,

Figure 3 : un autre diagramme fonctionnel pour le déroulement à titre d'exemple du procédé selon l'invention.

La figure 1 est la représentation schématique d'un moteur à 15 combustion interne avec un système d'épuration des gaz d'échappement correspondant et un dispositif de commande moteur correspondant. A cet effet, les éléments constitutifs non déterminants pour l'invention, tels que le turbocompresseur des gaz d'échappement, l'alimentation en carburant, les soupapes d'injection et analogues ne sont pas représentés dans la 20 figure, pour donner une meilleure vue d'ensemble.

Conformément à la figure 1, les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne qui est conçu sous forme d'un moteur diesel sont amenés dans un conduit d'échappement 2 dans lequel sont disposés de préférence à proximité du moteur et à courte distance l'un derrière l'autre 25 un catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 et un filtre à particules 4 qui sont traversés par les gaz d'échappement. A l'aide de capteurs de température 9 et 10, la température des gaz d'échappement peut être mesurée à l'entrée du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 et à l'entrée du filtre à particules 4. Des capteurs lambda 5 et 6 servent à 30 mesurer la valeur lambda des gaz d'échappement à l'entrée et à la sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3. Côté entrée et côté sortie du filtre à particules 4, des capteurs de pression 7 et 8 sont logés par ailleurs dans le conduit des gaz d'échappement et servent à mesurer les chutes de pression au-dessus du filtre à particules. Par l'intermédiaire de

lignes de signaux 11, les capteurs 5, 6, 7, 8, 9, 10 sont reliés au dispositif électronique de commande du moteur 12 qui évalue les signaux correspondants. Par ailleurs, le dispositif de commande du moteur 12 est relié de préférence au moteur diesel 1, par l'intermédiaire d'une ligne de signaux 13 qui est conçue de préférence pour un transfert bidirectionnel des données. Cette ligne de données permet d'une part de transmettre au dispositif de commande du moteur 12 des informations qui caractérisent le régime du moteur, comme par ex. des informations concernant la charge du moteur, la vitesse de rotation du moteur, la vitesse de conduite, la position de l'accélérateur et les mouvements de l'accélérateur. D'autre part, le dispositif de commande du moteur 12 transmet au moteur ou à des organes de réglage inhérents au moteur des signaux qui influencent le régime du moteur. Il s'agit en particulier de signaux qui influencent l'injection de carburant, l'alimentation en air frais ou le taux d'évacuation des gaz d'échappement. Le dispositif de commande du moteur 12 contient en outre un ordinateur qui ne fait pas l'objet d'une représentation détaillée, destiné à traiter les signaux reçus ou à déterminer les signaux à émettre. Une mémoire qui n'est pas non plus intégrée dans le dessin et qui est située dans le dispositif de commande du moteur 12 sert à recevoir des champs d'identification. Grâce aux possibilités citées, l'état du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3, l'état du filtre à particules et la température, ainsi que le rapport carburant-air dans les gaz d'échappement peuvent être relevés ou déterminés de manière continue et il est possible de réagir le cas échéant par des actions adaptées destinées à la régénération du filtre à particules 4 et du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3, en fonction des régimes de conduite. Pour une amélioration supplémentaire de l'enregistrement de l'état de tous les éléments constitutifs et des gaz d'échappement il est possible de prévoir bien évidemment des capteurs supplémentaires ou alternatifs, comme par exemple des capteurs pour mesurer la concentration en oxyde nitrique ou la concentration en CO dans les gaz d'échappement.

Pour expliquer le déroulement du procédé selon l'invention, on se réfère d'abord au diagramme fonctionnel reproduit en figure 2. Le

diagramme fonctionnel désigné par A décrit une boucle d'interrogation dans le dispositif de commande 12 qui est continuellement traversée en cas de régime normal du moteur diesel 1 ou de l'automobile. Le terme régime normal désigne ici que le moteur 1 n'est pas exploité dans la plage de régime à charge partielle faible, comme le cas se présente par exemple au ralenti ou à une faible vitesse de conduite. Dans la boucle d'interrogation A, a lieu une interrogation continue pour déterminer si la teneur en soufre S du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 a dépassé une valeur maximale Cmax prédefinissable ou si la charge C du filtre à particules 4 a dépassé une valeur maximale également prédefinissable. A cet effet, la valeur de la teneur en soufre du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 est déterminée par le dispositif de commande du moteur 12, par exemple par l'intermédiaire d'un modèle basé sur la consommation en carburant ou sur la base d'une détérioration constatée de la capacité du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 à accumuler l'oxyde nitrique. A cet effet, la courbe des signaux restitués dans les capteurs lambda 5 et 6 pendant la régénération au nitrate peut être particulièrement évaluée.

Pour la définition de la charge du filtre à particules, le dispositif de commande du moteur 12 évalue de préférence les informations fournies par les capteurs de pression 7 et 8 et concernant la chute de pression au-dessus du filtre à particules 4 et la charge du filtre à particules est également déterminée par l'intermédiaire des modèles ou des champs d'identification mémorisés dans le dispositif de commande du moteur 12. Bien évidemment, il est également possible de déterminer la charge du filtre à particules à l'aide du trajet effectué par l'automobile, compte tenu des régimes de conduite qui apparaissent en cours de trajet.

Si à l'intérieur du diagramme fonctionnel A, à l'interrogation concernant le dépassement de la charge maximale admissible en soufre Smax du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3, le dispositif de commande du moteur 12 répond par « oui », la routine C (voir figure 3) dont les fonctions sont décrites plus bas est introduite.

Si à l'intérieur du diagramme fonctionnel A, à l'interrogation concernant le dépassement de la charge maximale admissible Cmax pour

le filtre à particules, le dispositif de commande du moteur 12 répond par « oui », par déclenchement d’actions d’échauffement correspondantes, les gaz d’échappement ou le filtre à particules 4 sont amenés à une température plus élevée DPF-régén. suffisamment élevée pour procéder à l’opération de régénération du filtre à particules, et la routine B est introduite. L’échauffement est généré de préférence par injection tardive ou par post-injection de carburant dans la chambre de combustion du moteur à combustion interne 1. Ce carburant post-injecté ne participe pas ou participe pour une faible part à la combustion propre du moteur, mais il s’oxyde plutôt sous l’effet des gaz d’échappement contenant de l’oxygène, soit dans le conduit des gaz d’échappement 2, soit dans le catalyseur accumulateur d’oxyde nitrique 3 ou dans le filtre à particules 4. La chaleur réactive qui est alors libérée provoque l’échauffement des gaz d’échappement ou du filtre à particules 4. A cet effet, la quantité de carburant post-injecté est dimensionnée de manière à permettre une montée à une température supérieure à 450 °C, de préférence de l’ordre de 550 °C, mesurée en amont du filtre à particules 4.

Dans la routine B, le déroulement du procédé pour la réalisation de la régénération du filtre à particules est représenté à titre d’exemple. A cet effet, une boucle d’interrogation externe est d’abord lancée. Dans cette dernière, on assiste à une interrogation, pour savoir si une valeur minimale prédéfinissable Cmin pour la charge du filtre à particules 4 est dépassée. A cet effet, la détermination de la charge du filtre à particules est réalisée par le dispositif de commande du moteur, de la manière décrite ci-dessus. Si la charge minimale Cmin n’est pas dépassée, on retourne dans la routine A du régime normal et les actions de réchauffement s’achèvent. Si la question concernant le dépassement de la charge minimale du filtre à particules Cmin obtient la réponse « oui », un compteur de temps Z1 est d’abord chargé avec une valeur prédéfinissable, laquelle est dérivée de préférence de la charge du filtre à particules 4 qui a été déterminée par le dispositif de commande du moteur 12. Ensuite, à l’intérieur d’une boucle d’interrogation interne, le mode « régénération du filtre à particules » est réglé ou maintenu, ce qui signifie que, par la poursuite des actions d’échauffement par une post-injection commandée

en fonction des besoins, la température requise pour la régénération du filtre à particules est maintenue. A cet effet, lors du passage de la boucle d'interrogation interne, le compteur de temps Z1 est continuellement décrémenté, tout comme la charge du filtre à particules. Pour la décrémentation de la charge du filtre à particules, on utilise de préférence un modèle mémorisé dans le dispositif de commande du moteur 12, qui tient compte de préférence de la dépendance de la vitesse de brûlage des suies de la température et du débit des gaz d'échappement. Toutefois, la décrémentation de la charge du filtre à particules peut également être déterminée sur la base de la diminution de la chute de pression qui est mesurée en continu au-dessus du filtre à particules 4. Le passage de la boucle d'interrogation interne avec décrémentation de la charge du filtre à particules et décrémentation du compteur de temps Z1 dure jusqu'à ce que la période de régénération prédéfinie, fixée par la fréquence d'interrogation et par la valeur apparaissant au compteur de temps Z1 soit écoulée. Selon la valeur de la charge du filtre à particules, avec laquelle on a pénétré dans la boucle d'interrogation interne, le mode « régénération du filtre à particules » est maintenu de cette manière pour une période de 30 s à 3 mn environ. Après écoulement de la durée de régénération du filtre à particules, l'interrogation « $Z1 = 0 ?$ » obtient donc la réponse « oui ». Selon l'invention, à ce moment-là, donc en corrélation avec la réalisation d'une régénération du filtre à particules, on assiste à l'interrogation concernant la présence d'une charge minimale prédéfinie en soufre S_{min} du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 (interrogation $S > min ?$). Si cette interrogation obtient la réponse « non », on retourne à nouveau en début de routine B avec l'interrogation concernant la présence d'une charge minimale C_{min} du filtre à particules. Mais si à l'intérieur de la routine B pour la réalisation de la régénération du filtre à particules, le dépassement d'une charge minimale prédéfinissable en soufre S_{min} est détecté par le dispositif de commande du moteur 12, lors de l'interrogation correspondante, la routine de déroulement C est introduite.

Lors de l'introduction de la routine de déroulement C (voir figure 3), une exigence de désulfatage du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique

3 est donnée et des actions d'échauffement sont engagées, pour monter la température des gaz d'échappement ou du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 à la température minimale T.désulf.min requise pour l'opération de désulfatage. Typiquement, cette température minimale de désulfatage est supérieure à 550 °C, pour les catalyseurs accumulateurs d'oxyde nitrique 3 usuels, elle se situe de préférence entre 600 °C et 650 °C environ. Les actions d'échauffement correspondantes sont sensiblement les mêmes que pour l'échauffement destiné à la réalisation de la régénération du filtre à particules (voir plus haut).

10 Si la routine de déroulement C est introduite à partir de la routine de déroulement B pour la régénération du filtre à particules, l'avantage du procédé selon l'invention est mis en évidence à ce moment-là. Comme dans ce cas, les gaz d'échappement sont déjà à une température élevée, seule une dépense d'énergie ou de carburant relativement faible est nécessaire pour l'échauffement ultérieur à la température minimale T.désulf.min requise pour la réalisation du désulfatage et la température nécessaire est atteinte rapidement. Selon l'invention, la procédure de désulfatage proprement dite n'est pas lancée immédiatement, par exemple par le réglage temporaire de conditions réductrices dans les gaz d'échappement. Mais un certain état d'attente est réglé par la mise en marche d'un compteur de temps Z2. Au cours de cette attente, d'une part les actions d'échauffement sont poursuivies dans la mesure nécessaire pour le maintien de la température minimale de désulfatage T.désulf.min. D'autre part, une boucle d'interrogation dans laquelle le compteur de temps Z2 est décrémenté et où une interrogation continue a lieu selon l'invention, pour savoir si des conditions de validation sont remplies (interrogation ; validation ?) est traversée. Après quoi, de préférence, parallèlement au critère qui fait partie des conditions de validation, l'interrogation concerne également une puissance mécanique restituée par moteur qui est constante dans le temps. Evidemment, parallèlement à l'interrogation des conditions de validation, il est également possible de relever d'autres critères, par exemple le critère d'une vitesse de conduite constante. Cette interrogation selon l'invention de conditions de validation prédéfinissables, déterminées par le régime du moteur permet de garantir

de manière avantageuse que le désulfatage ne soit réalisé qu'au moment où cette opération ne génère pas des inconvénients non tolérables au niveau du régime du moteur, de la conductibilité ou du confort de conduite.

5 Grâce à une décrémentation continue et à une interrogation continue ($Z = 0$?) du compteur de temps Z2 dans la boucle d'attente, on évite de maintenir trop longtemps les actions d'échauffement très gourmandes de manière inadéquate si toutes les conditions de validation ne sont remplies. Dans ce cas, la routine C est abandonnée et la routine B
10 est introduite. De préférence, la durée d'attente maximale dans la boucle d'interrogation est limitée par la mise en route du compteur de temps Z2 en fonction des besoins, c'est à dire qu'une urgence particulière d'une opération de désulfatage sera prise en compte par le fait qu'à l'entrée
15 dans la routine C, le compteur de temps Z2 est réglé à une valeur relativement importante. Si à l'entrée dans la routine C, la charge en soufre du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 est faible, le compteur de temps Z2 n'est réglé qu'à une valeur relativement faible. Pour le compteur de temps, des valeurs limitant la durée d'attente maximale dans la boucle d'interrogation à une valeur située entre 2 mn et
20 10 environ sont typiques. Si au cours de cette durée d'attente, l'interrogation concernant la présence des conditions de validation obtient la réponse « oui », on passe immédiatement en mode de désulfatage proprement dit. Selon l'invention, ce dernier est caractérisé en ce que le dispositif de commande du moteur 12 passe le moteur 1 en régime
25 maigre-gras alterné, consistant en des phases maigres et des phases grasses consécutives et alternées, les phases maigres et les phases grasses s'étendant sur une durée respective située entre 3 secondes et 20 secondes environ. Particulièrement dans les phases grasses, le soufre stocké sous forme de sulfates dans le catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 est réduit et évacué sous forme de gaz, simultanément aux gaz d'échappement. Ce fait est pris en compte par la décrémentation calculée de la valeur concernant la charge en soufre qui est mémorisée dans le dispositif de commande du moteur 12.
30

Particulièrement en cas de graissage trop fort ou trop long, une réduction du soufre en hydrogène de souffre peut avoir lieu dans les phases grasses, ce qui n'est pas souhaitable bien sûr, en raison des odeurs dégagées. Dans le procédé selon l'invention, cet inconvénient peut 5 être pallié en ce que, en fonction de la charge en soufre du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 déterminée par le dispositif de commande du moteur 12, la durée de la phase grasse et/ou la puissance de graissage sont adaptées en conséquence. Pendant l'opération de désulfatage, l'interrogation concernant la présence des conditions de validation ou le 10 dépassement des teneurs minimales en soufre Smin dans le catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 est poursuivie en continu dans une boucle d'interrogation. Tant que les deux interrogations obtiennent la réponse « oui », le régime alterné maigre-gras est maintenu sur le moteur à combustion interne et le désulfatage continue.

15 Si les conditions de validation ne sont plus données, on passe dans la boucle d'interrogation de l'état d'attente et la décrémentation du compteur Z2 continue, à partir du dernier état dudit compteur.

Comme pendant la durée d'attente éventuelle, jusqu'à la présence 20 des conditions de validation ou pendant le régime alterné maigre-gras un certain brûlage de suie a également lieu dans le filtre à particules 4 et que de ce fait, la charge du filtre à particules diminue, lors du sous dépassement de la teneur minimale en soufre Smin, la routine B pour la régénération du filtre à particules n'est pas introduite. Au contraire, un terme est mis aux actions d'échauffement et on passe en routine 25 principale A.

Le sous-dépassement de la teneur minimale en soufre Smin est réalisé de préférence par une décrémentation basée sur un modèle et effectuée dans le dispositif de commande du moteur 12. A cet effet, le modèle de calcul mémorisé dans le système de commande du moteur est conçu de préférence de manière à ce que l'importance de la décrémentation de la teneur en soufre dépende de la durée et l'importance du graissage. De manière typique, on assiste dix fois à un passage du régime maigre au régime gras.

Une autre méthode avantageuse pour déterminer si le désulfatage est suffisant repose sur la comparaison de la valeur lambda des gaz d'échappement, mesurée côté entrée et côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3, à l'aide des capteurs de lambda 5 et 6.

5 Comme lors du désulfatage, la réduction chimique du soufre de sulfate occasionne une consommation de produit réducteur, aussi longtemps que ce cas se présente, la valeur lambda dans les gaz d'échappement relevée côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 est supérieure à la valeur lambda dans les gaz d'échappement relevée côté entrée du

10 catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3. A désulfatage croissant, la consommation en produit réducteur s'affaiblit, c'est pourquoi les valeurs lambda mesurées dans les gaz d'échappement côté entrée et côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 sont approximativement identiques. Un indice particulièrement important pour l'intégrité du

15 désulfatage réside dans la capacité du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 à catalyser la réaction du gaz à l'eau. Lors de cette réaction, du monoxyde de carbone et de l'eau sont transformés en dioxyde de carbone et en hydrogène, dans des conditions réductrices. L'enrichissement des gaz d'échappement en hydrogène provoqué par cette réaction se traduit

20 sur le signal de la sonde lambda 6 située côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3, par une baisse de la valeur lambda mesurée dans les gaz d'échappement. Par comparaison entre la valeur lambda mesurée dans les gaz d'échappements côté entrée et côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3, à l'aide des capteurs de

25 lambda 5 et 6, il est possible d'apprécier de manière avantageuse l'avancement de l'opération de désulfatage. En cas de désulfatage continu, l'interrogation concernant le sous-dépassement de la charge minimale en soufre Smin obtient donc la réponse « oui », si le rapport $\lambda_1 : \lambda_2$ des valeurs lambda mesurées dans les gaz d'échappement côté entrée et côté

30 sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique 3 a atteint une valeur prédefinissable située entre 0,8 et 1,25. La valeur déterminante dépend en première ligne de la nature du catalyseur ou de la nature des sondes de lambda 5, 6 utilisées.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour le désulfatage d'un catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique, disposé en association avec un filtre à particules dans le système d'épuration des gaz d'un moteur à combustion interne, en particulier d'un moteur diesel utilisé dans des véhicules automobiles, par échauffement du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique à une température supérieure à une température minimale prédéterminée de désulfatage et par réalisation consécutive d'un régime alterné maigre-gras sur le moteur à combustion interne,

l'échauffement ayant lieu au plus tard à des moments où la charge en soufre du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique a dépassé une valeur minimale S_{min} et où une régénération du filtre à particules a été lancée et un régime alterné maigre-gras du moteur à combustion interne est réalisé, lorsque des conditions prédéfinies de validation du désulfatage, déterminées par le régime du moteur à combustion interne sont remplies.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les conditions de validation englobent une puissance mécanique temporairement constante restituée par le moteur à combustion interne.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le régime alterné maigre-gras du moteur à combustion interne est réalisé par des phases maigres et des phases grasses consécutives et alternées, les phases maigres et les phases grasses s'étendant sur une durée respective située entre 3 secondes et 20 secondes.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'échauffement du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique est réalisé par un régime maigre du moteur à combustion interne et par une post-injection de carburant dans la chambre de combustion du

moteur à combustion interne, consécutive à l'injection principale du carburant.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce qu'au moins au cours des phases grasses du régime alterné maigre-gras du moteur à combustion interne, la charge en soufre du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique est décomptée et en ce que le désulfatage s'achève lorsque les conditions de validation du désulfatage ne sont plus remplies ou lorsque la charge en soufre a atteint une valeur
10 inférieure à la valeur minimale S_{min} .

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce que le désulfatage s'achève, lorsque les conditions de validation du désulfatage ne sont plus remplies ou lorsque le rapport $\lambda_1 : \lambda_2$ des valeurs lambda λ_1 et λ_2 mesurées dans les gaz d'échappement côté entrée et côté sortie du catalyseur accumulateur d'oxyde nitrique a atteint une valeur prédefinissable située entre 0,8 et 1,25.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6,
20 caractérisé en ce que, à l'issue du désulfatage, la régénération du filtre à particules est réalisée, lorsque la charge en particules du filtre à particules a dépassé une valeur seuil prédefinie.

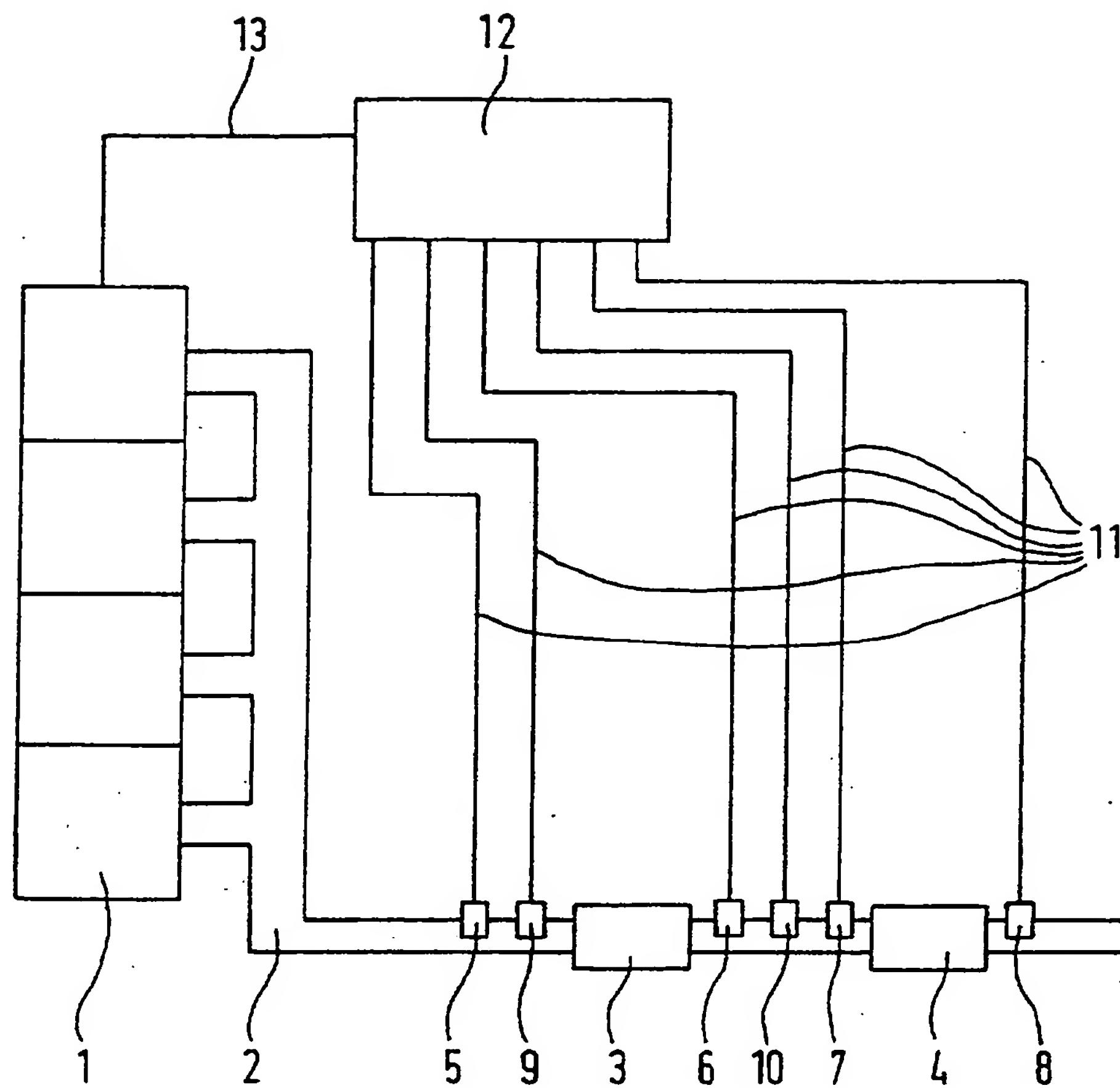


FIG. 1

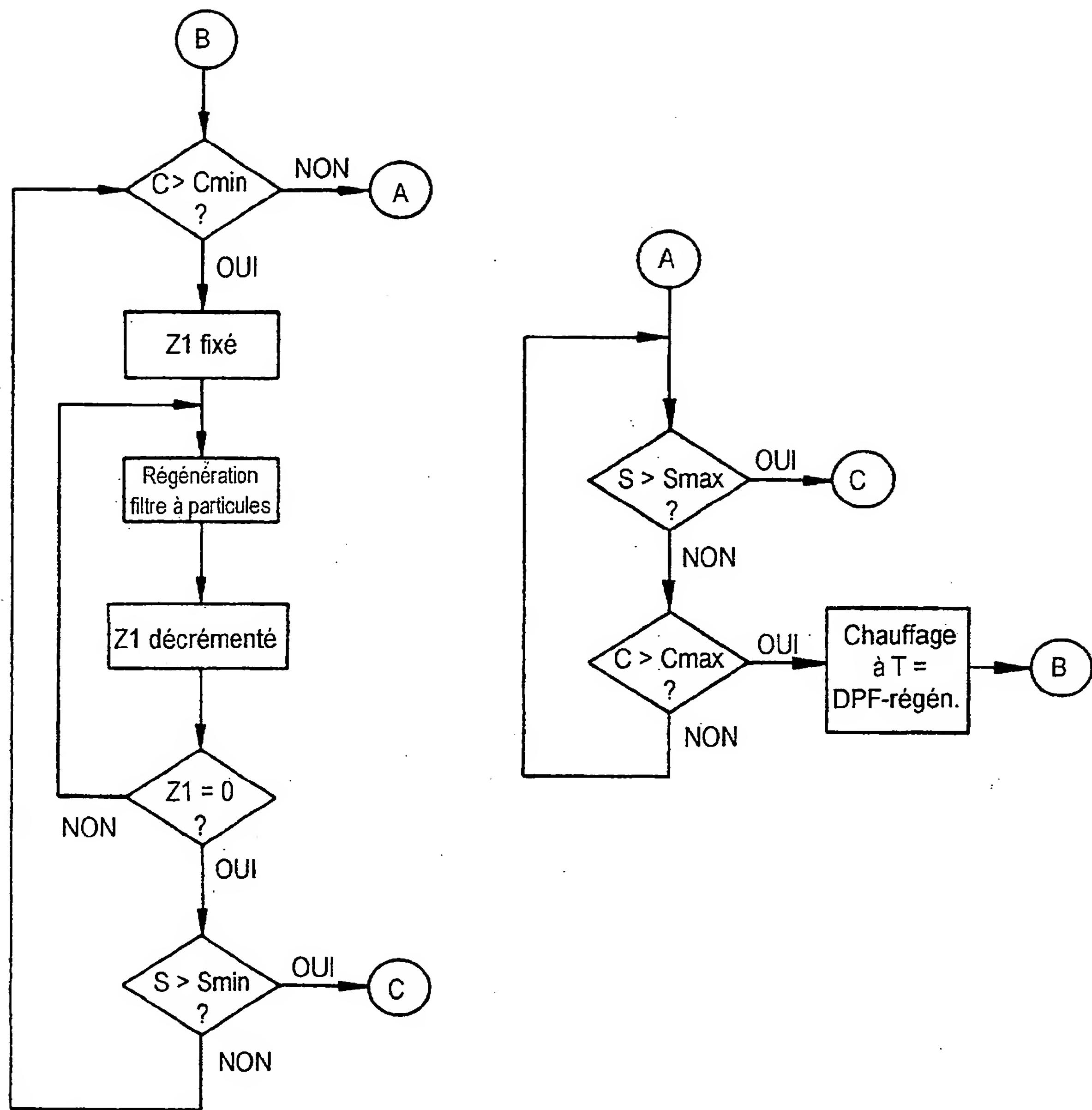


FIG. 2

3 / 3

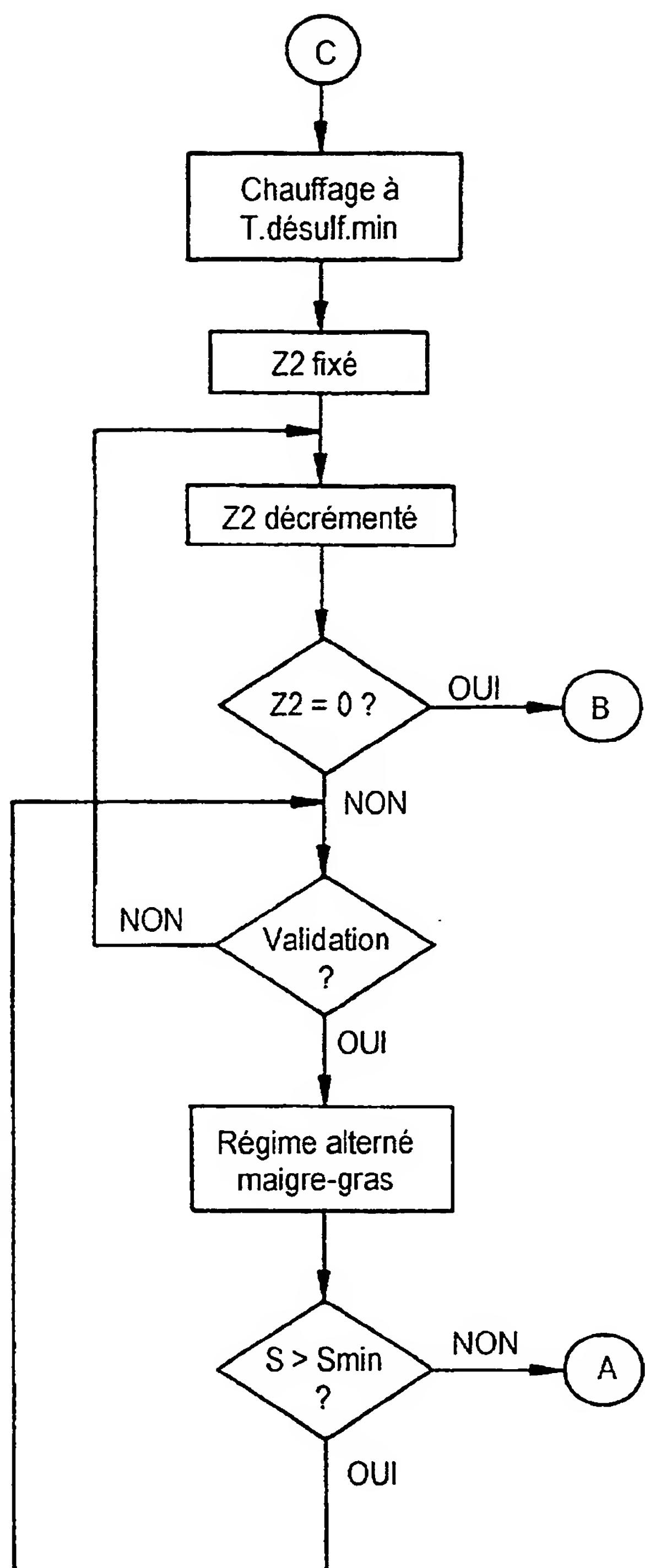


FIG. 3